Administración de la Producción

Ing. Carmelino Almestar Villegas

Tarapoto

2018

Presentación

El presente material fue elaborado pensando en los estudiantes quieren comprender el fundamento científico de la asignatura Administración de la producción.

La Administración de la producción comprende la gestión de los sistemas o procesos que producen bienes o prestan servicios.

Las sesiones que incluye el módulo son: introducción a la gestión de la producción, localización de las instalaciones productivas, distribución de planta, Layout, estudio de tiempos, movimientos y métodos, productividad y capacidad de producción, y pronóstico de la demanda.

El presente módulo contiene una serie de casos propuestos para que el estudiante desarrolle juntamente con las tutorías del docente de la asignatura.

El autor

Contenido

Clase 1. Introducción a la gestión de la producción 4

Clase 2: Localización de las instalaciones productivas 8

Clase 3. Distribución de planta, Layout..... 14

Clase 4. Estudio de tiempos, movimientos y métodos 19

Clase 5. Productividad y capacidad de producción 27

Clase 6. Pronóstico de la demanda 34

Referencias 39

Clase 1. Introducción a la gestión de la producción

1. Introducción

La gestión de la producción se define como: (a) el proceso de dirigir personas y recursos para crear un producto o servicio, o (b) la aplicación de las cuatro funciones de la administración (planificar, organizar, dirigir y controlar) en el área de operaciones de la empresa.

1.1. Áreas básicas de una empresa

Toda empresa siempre presenta tres áreas básicas como se ve en la Figura 1: Las cuales están interrelacionadas entres sí, nótese también que los Recursos Humanos están en el centro de del diagrama.

Figura 1. Áreas funcionales básicas de una empresa

Cada área tiene una función determinada:

a. Finanzas

Se encarga de conseguir los recursos necesarios.

b. Marketing

Investiga el mercado, proyecta la demanda, Analiza las 4Ps.

c. Operaciones

Se encarga de transformar los insumos: Materia prima y materiales directos (empresas de manufactura) o personas en el caso de empresas de servicios.

El objeto de estudio de la Gestión de la Producción es el área de Operaciones, por esta razón también se la denomina Gestión de la Producción y Operaciones.

1.2. Función de operaciones

En la Figura 2, se observa los elementos que componen la función de operaciones: Entradas, Transformación y Salidas.

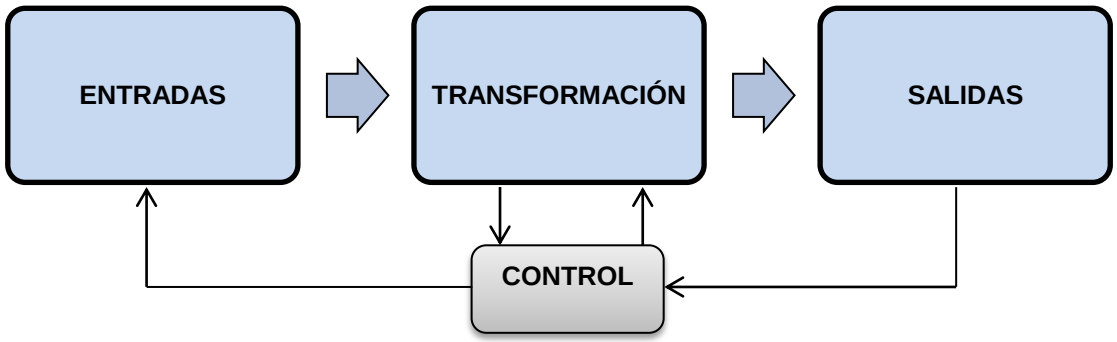


Figura 2. Elementos de la función de operaciones

1.3. Descripción de los componentes de la función de operaciones

a. Entradas

Está conformado por recursos a ser transformados (Materias primas, informaciones, consumidores) y recursos transformadores (Instalaciones, equipos, conocimiento y funcionarios para operar, planear y administrar la producción)

b. Transformación

Consiste en el procesamiento de las entradas y se considera 3 tipos: Procesamiento de materiales, Procesamiento de información y Procesamiento de consumidores.

c. Salidas

Está conformado por el producto final (bien o servicio) y eventualmente otros subproductos deseados o no.

d. Control

El control consiste en verificar si las cosas están saliendo de acuerdo a lo planificado. Si no es así se procede a hacer ajustes mediante la Retroalimentación.

1.4. Ejemplo

Analice la función de operaciones en una empresa procesadora de vegetales enlatados.

Solución

En la Tabla 1 se muestra los tres componentes de la función de operaciones

Tabla 1. *Componentes de la función de operaciones de vegetales enlatados*

Entradas	Transformación	Salidas
Vegetales	Limpieza	
Hojalatas	Fabricación de envases	
Agua	Cortado de vegetales	
Energía	Cocción	Vegetales enlatados
Mano de obra	Envasado	
Instalaciones		
Equipos	Etiquetado	

El control debe realizarse en aquellas etapas más críticas (Cocción), dependiendo cómo está saliendo el producto final.

2. Conceptos básicos

A continuación se definen algunos términos básicos

a. Producción

   Es la creación de bienes o servicios (productos acabados) a partir de otros bienes (factores de producción), esto motivado por el hecho de que los productos tienen una utilidad superior a la de los factores (valor agregado).

b. Operaciones

   Conjunto de actividades que permiten producir bienes y servicios a partir de una serie de insumos.

c. Bien

   Elementos físicos producidos por una empresa de manufactura o extractiva.

d. Servicio

   Actividades que proporcionan alguna combinación de tiempo, lugar, forma y valor psicológico.

e. Cadena de suministro

   Secuencia de actividades y organizaciones involucradas en producir y entregar un bien o servicio.

f. Valor agregado

   La diferencia entre el precio de las salidas y el costo de las entradas.

g. Logística

   Área de una empresa dedicada a comprar, almacenar, transportar y distribuir materiales.

h. Proceso

   Una o más acciones que transforman entradas en salidas.

i. E-Business

   Uso del internet para pactar un negocio.

j. Tecnología

   Aplicación de los descubrimientos científicos al desarrollo y mejora de bienes y servicios.

k. Gerente de operaciones

   Persona encargada de las actividades de producción en una empresa.

l. Seis Sigma

   Metodología de calidad en la cual se acepta como máximo cuatro defectos por millón de eventos.

m. Productividad

   Herramienta de análisis de competitividad que compara las salidas versus las entradas.

3. Análisis de casos

3.1. Elabore un diagrama de la función de operaciones para una Empresa procesadora de Yogurt e indicar cada uno de los elementos que integran las entradas, la transformación y las salidas. Establezca también los puntos de control dentro del proceso productivo.

3.2. Elabore un diagrama de la función de operaciones para un Hospital e indicar cada uno de los elementos que integran las entradas, la transformación y las salidas.

3.3. En una determinada empresa las entradas tienen un valor monetario de S/. 5000 y el de las salidas S/. 8000. Si se produjo 100 unidades de producto. Calcule el valor agregado por unidad producida.

3.4. Suponga que Ud. Va al taller de mecánica a cambiar el aceite de su motocicleta. ¿Compró Ud. un bien o un servicio?

3.5. Explique brevemente el alcance de la gestión de la producción en su carrera profesional.

3.6. Establezca las principales diferencias entre un bien y un servicio.

Clase 2: Localización de las instalaciones productivas

1. Introducción

Es el proceso de elegir un lugar geográfico para realizar las operaciones de una empresa de bienes o servicios.

La decisión sobre localización de instalaciones empresariales es un tema clave en el planeamiento estratégico de las organizaciones.

La importancia de la decisión de localización radica en tres puntos claves:

a. Es una decisión a largo plazo
b. Involucra una elevada inversión
c. Tiene impacto directo en los costos de operación

2. Conceptos básicos

a. Instalaciones productivas

   Se refiere cualquier empresa que se dedica a producir bienes o a prestar servicios.

b. Localización

   Es el proceso de determinar la mejor ubicación para instalar un sistema de operaciones.

c. Macro-localización

   Consiste en elegir el territorio o la región en general.

d. Micro-localización

   Consiste en elegir la localidad particular dentro de la región.

e. Método de localización

   Es una técnica cualitativa o cuantitativa que nos permite determinar la mejor ubicación de una instalación productiva.

f. Factor de localización

   Son los elementos claves (materia prima, mano de obra, clientes), que influyen en la decisión de localización de una empresa

g. Ponderación (peso)

   Es la importancia numérica que se da a cada factor.

h. Método de factores ponderados

   Es una técnica semi-cuantitativa que nos permite determinar la mejor ubicación de una instalación productiva.

i. Método del centro de gravedad

   Técnica evalúa las distancias y costos de transporte de materias primas y distribución de productos terminados, para determinar el punto donde los costos de transporte son mínimos.

j. Costo total

Es la suma de los costos fijos más los costos variables

k. Método de análisis de costo-Ingreso-Volumen

Es una técnica que se basa en evaluar los costos totales para las posibles localizaciones y se elige la que presente los costos mínimos.

3. Desarrollo del tema

3.1. Factores dominantes en la manufactura

a. Disponibilidad de materia prima
b. Energía eléctrica
c. Agua
d. Mano de obra
e. Facilidades e incentivos fiscales
f. Calidad de vida
g. Ubicación de los mercados consumidores

3.2. Factores dominantes en los servicios

a. Proximidad a los clientes
b. Localización de los competidores

3.3. Métodos o técnicas de localización de instalaciones

a. Técnicas cualitativas

Dentro de este grupo se encuentran: Las técnicas de antecedentes industriales, factor preferencial y factor dominante.

b. Técnicas semi-cuantitativas

Tenemos a la técnica de los factores ponderados.

Método de los factores ponderados

Para utilizar este método se siguen estos pasos

a. Desarrollar una lista de factores relevantes
b. Asignar un peso (ponderación) a cada factor
c. Asignar una escala común a cada factor (ejemplo de 1 a 10 puntos)
d. Escriba la puntuación para cada localización de acuerdo con escala elegida.
e. Multiplique el peso por la puntuación.
f. Sumar los resultados anteriores para cada localización y elegir la que tiene mayor puntaje.

c. Técnicas cuantitativas

En esta clasificación se encuentran: La técnica del centro de gravedad y el análisis del punto de equilibrio.

Método del centro de gravedad

Las coordenadas del centro de gravedad se denotan por: $C = (C_X; C_Y)$

$$C_X = \frac{\sum(X_i * V_i)}{\sum V_i}$$

$$C_Y = \frac{\sum(Y_i * V_i)}{\sum V_i}$$

Dónde:

C_X: Coordenada horizontal del centroide

C_Y: Coordenada vertical del centroide

X_i: Coordenada horizontal del proveedor o cliente "i"

Y_i: Coordenada vertical del proveedor o cliente "i"

V_i: Volumen transportado del proveedor "i" o para el cliente "i"

Método de análisis de costos

Este método se basa en hacer un gráfica de los costos totales de las posibles localizaciones, en un plano cartesiano. Luego se observa y se elige la localización que tenga el menor costo total.

La gráfica tiene la forma siguiente: En el eje X, se ubican las unidades a producir (Demanda) y en el eje Y, se ubican los costos totales.

Supongamos que tenemos dos posibles localizaciones (A y B), para una empresa.

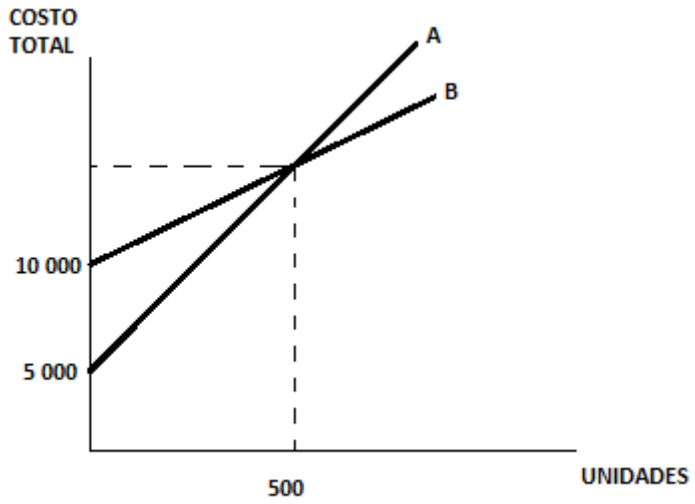


Figura 3. Costo total de producción

En esta gráfica se observa que:

a. Si la empresa tiene una demanda menor a 500 unidades entonces elige la localización A.
b. Si la empresa tiene una demanda mayor a 500 unidades entonces elige la localización B.

4. Análisis de casos

4.1. A Ud. Se le encarga tomar la decisión de elegir la ubicación de un taller de mecánica para motocicletas, en la ciudad de Tarapoto. Comente qué criterios tomaría, con base en el tema tratado.

4.2. Supóngase que quiere instalar una empresa dedicada a la obtención chocolates y tiene tres posibles sitios para ubicar su empresa (Tarapoto, San José de Sisa y Juanjuí). Utilice una técnica cualitativa para tomar la decisión de establecer su empresa.

4.3. Un fabricante de aparatos electrónicos desea expandirse y para ello, tiene que construir una segunda instalación. La búsqueda se ha reducido a cuatro sitios, todos aceptables para la gerencia en términos de los factores dominantes. La evaluación de esos sitios, realizada en función de siete factores de localización se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. *Evaluación de los factores de localización*

Factor	Peso	Puntuación del factor para cada localización			
		A	B	C	D
Ambiente laboral	20	5	4	4	5
Calidad de vida	16	2	3	4	1
Sistema de transporte	16	3	4	3	2
Proximidad a los mercados	14	5	3	4	4
Proximidad a los materiales	12	2	3	3	4
Impuestos	12	2	5	5	4
Servicios públicos	10	5	4	3	3
Total	100				

Calcule la puntuación ponderada de cada localización. ¿Qué localización es la más recomendable?

4.4. La Cool Air, es un fabricante de aire acondicionado para automóviles. En la actualidad produce su línea XB-300 en tres diferentes ubicaciones: Planta A, Planta B y Planta C. Recientemente la gerencia decidió fabricar todos los compresores, un componente importante del producto, en una instalación independiente alejada, Planta D.

Mediante el método del centroide y la información que aparece en la Tabla 3 y la Figura 4, determine la mejor ubicación para la Planta D. Suponga que existe una relación lineal entre los volúmenes enviados y los costos del envío.

Tabla 3. *Cantidad de compresores necesarios por planta*

Planta	Compresores necesarios por año
A	6 000
B	8 200
C	7 000

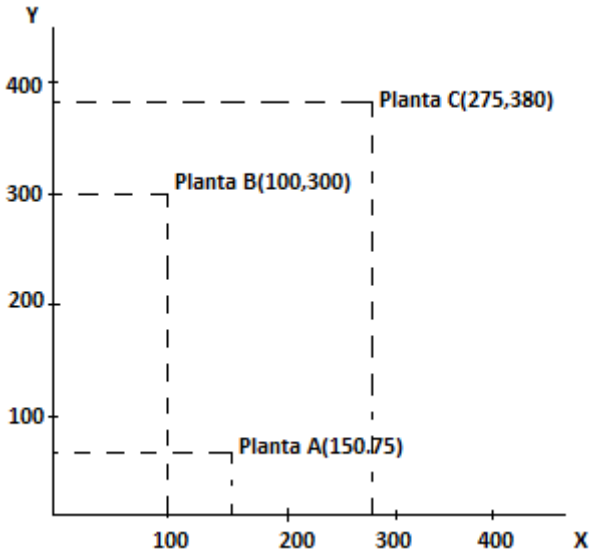


Figura 4. Matriz de ubicación de las plantas

4.5. Un gerente de operaciones ha logrado reducir a sólo cuatro comunidades la búsqueda de la localización de una nueva planta. Los costos fijos anuales (por concepto de terreno, impuestos sobre la propiedad, seguros, equipo y edificios) y los costos variables (por mano de obra, materiales, transportes y gastos generales variables) están en dólares y son los siguientes:

Tabla 4. *Costos fijos costos variables para cada comunidad*

Comunidad	Costos fijos por año	Costos variables por unidad
A	150 000	62
B	300 000	38
C	500 000	24
D	600 000	30

Trace las curvas del costo total para todas las comunidades en un solo gráfico. Identifique en el gráfico el rango aproximado en el cual cada una de las comunidades ofrece el costo más bajo. Asimismo, aplicando el análisis del punto de equilibrio calcule las cantidades de equilibrio en los rangos pertinentes. Si la demanda esperada es 15 000 unidades al año, ¿Cuál será la mejor localización?

Clase 3. Distribución de planta, Layout

1. Introducción

Es el ordenamiento físico de los factores de la producción (personas, máquinas, materiales, actividades de soporte), en el cual cada uno de ellos está ubicado de tal modo que las operaciones sean seguras, satisfactorias y económicas en el logro de los objetivos de la empresa.

2. Conceptos básicos

a. Layout: palabra inglesa que significa arreglo o distribución.
b. Flujo de materiales: es el recorrido que hace los materiales desde ingresan al área de operaciones hasta obtener el producto final.
c. Proceso: conjunto de operaciones agrupadas en una misma área.
d. Gráfico P-Q: diagrama que muestra los diversos productos a ser fabricados y las cantidades respectivas.
e. Máquina: es un artefacto que hace tareas en menor tiempo y menor coste que una persona.
f. Mano de obra: es el recurso humano que participa directamente en la fabricación del producto.
g. Tiempo de ciclo: es el tiempo que una línea de producción demora en fabricar cada unidad (producto).
h. Flujograma: es la forma gráfica de describir la secuencia de operaciones de un proceso.
i. Diagrama de precedencia: gráfico que muestra todas las operaciones del proceso ordenadas en forma secuencial.
j. Estación de trabajo: es la agrupación de las operaciones, de tal manera que el tiempo sea igual en todas las estaciones de trabajo.
k. Flexibilidad: capacidad de adaptarse al cambio.

3. Desarrollo del tema

3.1. Principios de Layout de planta

a. Principio de integración total (de personas, materiales, máquinas, actividades de soporte, etc)
b. Principio de mínimo distancia entre operaciones
c. Principio flujo óptimo (arreglo de las máquinas de acuerdo a la secuencia de operaciones)
d. Principio de espacio cúbico
e. Principio de seguridad y satisfacción
f. Principio de flexibilidad ante un re-arreglo posible

3.2. Tipos de patrones de flujo

a. Flujo en I o línea de flujo
b. Flujo en U
c. Flujo en L
d. Flujo en S
e. Flujo en O
f. Flujo en I+U

3.3. Tipos de Layout

1. Layout por producto

Las máquinas o estaciones de trabajo están ubicadas de acuerdo con la secuencia de montaje del producto. Este tipo de distribución presenta alta productividad, pero tiene elevado costo fijo y poca flexibilidad. Ejemplo línea de montaje de electrodomésticos.

2. Layout por proceso

Agrupa en una misma área todos los procesos o equipos del mismo tipo y función. Presenta elevados costos de construcción y tiene un alto grado de flexibilidad. Ejemplo división de áreas de productos en un supermercado.

3. Layout celular

Busca unir las ventajas de los dos tipos anteriores (por producto y por proceso). Ejemplo una editora exponiendo sus libros en una feria.

4. Layout de posición fija

Es aquel en que el producto en elaboración permanece estático y los recursos de transformación y operaciones necesarias se ubican a su alrededor. Ejemplo construcción de un puente

3.4. Áreas de trabajo

Una planta debe ser lo suficientemente grande para poder realizar en ella las operaciones necesarias, bajo el aspecto de los sentimientos del trabajador se debe tener presente que el área de trabajo cómoda y segura.

Para calcular las áreas definidas que deben respetarse en la distribución, se utiliza el método de Güerchet.

a. Área estática $(\mathbf{s_s})$

Es la superficie donde se colocan los objetos que no tienen movimiento como máquinas y equipos. se calcula con la fórmula:

$$s_s = L * A$$

Donde

L: largo de la máquina

A: ancho de la máquina

b. Área gravitacional $(\mathbf{s_g})$

Considera el espacio que necesita el operario para la atención de su máquina.

$$s_g = s_s * n$$

Donde

s_s: área estática

n: número de lados de la máquina a usar

c. Área evolutiva $(\mathbf{s_e})$

Considera el espacio que necesitan los elementos móviles del proceso para su desplazamiento.

$$s_e = (s_s + s_g) * k$$

Donde

k: constante propia del proceso productivo

d. Área total $(\mathbf{s_t})$

$$s_t = s_s + s_g + s_e$$

3.5. Balance de líneas

Es una herramienta importante para el control de la producción. El objetivo fundamental de un balance de líneas corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso.

3.6. Las 5s

Es una técnica de gestión de la calidad basada en cinco principios básicos. La empresa pionera en utilizar esta técnica fue la Toyota en 1960, la cual le permitió lograr lugares de trabajo más organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente. a continuación se presentan la Tabla .

Tabla 5. *Las seis S y su significado*

Japonés	Español	Concepto	Objetivo particular
Seiri	clasificación	separar innecesarios	eliminar del espacio de trabajo lo que es inútil
Seiton	orden	situar necesarios	organizar el espacio de trabajo de forma eficaz
Seiso	limpieza	suprimir suciedad	mejorar el nivel de limpieza de los lugares
seiketsu	estandarización	señalizar anomalías	prevenir la aparición de la suciedad y el desorden
shitsuke	mantener la disciplina	seguir mejorando	fomentar los esfuerzos en este sentido

4. Análisis de casos

4.1. Explique la importancia de las 5S en la distribución de planta

4.2. Elabore la plano de distribución (Layout) para un hospital.

4.3. Calcular las áreas: estáticas, gravitatoria, evolutiva y total de la siguiente máquina. Considerando que los lados resaltados son los que el maquinista utiliza para operar la máquina. Asumir la constante K=2

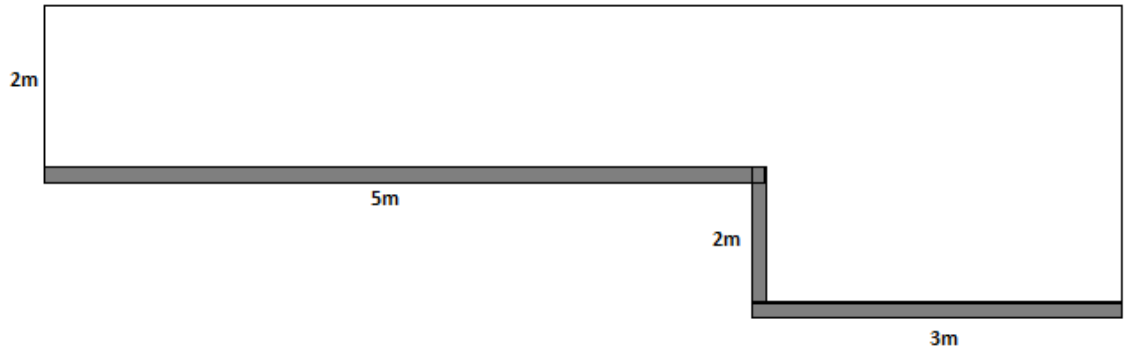


Figura 5. Dimensiones de la máquina

4.4. Según los datos presentados en la Tabla 6, dibujar el plano de distribución de áreas de todas las operaciones. Las dimensiones deben estar anotadas en el terreno. Cada una de las operaciones necesita 15 m^2 de área y el terreno disponible es de 15m x 13m. Asimismo muestre el gráfico P-Q.

Tabla 6. *Datos para diseñar el plano de distribución*

Producto	Unidad de venta	Demanda	Secuencia de operaciones
P_1	Unidad	97 979	B, C, D
P_2	Caja de 6unidades	22 000	S, T, U
P_3	Caja de 5unidades	18 000	A, B, C
P_4	Caja de 12unidades	15 573	X, Y, Z
P_5	Unidad	52 000	A, B, D
P_6	Caja de 6unidades	27 609	M, N, R
P_7	Unidad	82 000	A, C, D
P_8	Caja de 5unidades	20 000	A, B, C, D

4.5. Una empresa que se dedica a ensamblar automóviles, tiene una demanda de 500 unidades por día. El tiempo de producción por día es de 420 minutos y las operaciones y tiempos para producir cada unidad están dados en la Tabla 7. Elabore el balance de líneas que minimice el número de estaciones de trabajo, sujeto a tiempo de ciclo y restricción de precedencia.

Tabla 7. *Operaciones y tiempo de producción*

Operación	Descripción	Tiempo (s)	Operaciones precedentes
A	Posicionar el eje posterior	45	-
B	Alistar cuatro tornillos	11	A
C	Insertar eje posterior	9	B
D	Ajuste de eje posterior	50	-
E	Posicionar el eje ensamblado	15	D
F	Sujetar con cuatro tornillos	12	C
G	Ajustar el eje ensamblado	12	C
H	Colocar la rueda posterior 1	12	E
I	Colocar la rueda posterior 2	12	E
J	Colocar la rueda delantera 1	8	F, G, H, I
K	Colocar la rueda delantera 2	9	J

Clase 4. Estudio de tiempos, movimientos y métodos

1. Introducción

Aborda técnicas que someten a un análisis detallado de cada operación con el objetivo de eliminar cualquier elemento innecesario a la operación y determinar el mejor y más eficiente método para ejecutarla.
En esta sesión trataremos: El estudio de tiempos (Cronoanálisis) y el muestreo del trabajo.

2. Conceptos básicos

2.1. Ingeniería de métodos: Disciplina que abarca el estudio de métodos y el estudio del trabajo.

2.2. SIMO: Técnica que permite optimizar la secuencia de trabajo y minimizar los tiempos en una operación, buscando mejorar la productividad.

2.3. Ergonomía: Conjunto de disciplinas que se encargan de estudiar la relación del ser humano con su puesto de trabajo.

2.4. Estudio de tiempos: Es la determinación, con el uso de un cronómetro, del tiempo necesario para realizar una tarea.

2.5. Muestreo del trabajo: Método de medición del trabajo que consiste en determinar la proporción del tiempo que un operario se encuentra trabajando.

2.6. Curvas de aprendizaje: Muestra que el tiempo en realizar una operación disminuye a medida que el trabajador adquiere experiencia.

2.7. Fisiología del trabajo: Ciencia que se encarga de estudiar el diseño del puesto de trabajo considerando el funcionamiento del cuerpo humano.

2.8. Especialización del trabajo: Consiste en asignar una tarea específica y rutinaria a cada trabajador.

2.9. Tiempo cronometrado: Es el tiempo que resulta de medir el tiempo utilizando un cronómetro.

2.10. Tiempo normal: Es el tiempo que emplea un trabajador promedio en realizar una determinada tarea, sin considerar tolerancias.

2.11. Tiempo estándar: Es el tiempo normal más el factor de tolerancia.

2.12. Velocidad del operador: Mide el ritmo con el cual trabaja el operador, la velocidad normal tiene un índice de 100%.

2.13. Tolerancia del trabajo: Es el tiempo adicional que debe asignarse a cada trabajador, para alivio de la fatiga, necesidades personales y esperas imprevistas

2.14. OSHA: Sistema de normas sobre salud y seguridad ocupacional.

2.15. Método: Es el procedimiento cómo se desarrolla una operación o tarea.

3. Desarrollo del tema

3.1. Estudio de tiempos

Es la determinación, con el uso de un cronómetro del tiempo necesario para realizar una tarea. El término Cronoanálisis se utiliza para designar el proceso de estudio, medición y determinación de los tiempos estándares en una organización.

El profesional que se encarga de realizar un estudio de tiempos se llama analista industrial o analista de procesos.

El estudio de tiempos servirá para:

a. Determinación de la capacidad productiva de la empresa
b. Elaboración de programas de producción
c. Determinación del costo de la mano de obra directa
d. Estimación del costo de un nuevo producto, durante su proyecto y creación
e. Balancear líneas de producción y montaje

3.1.1. Equipamiento para un estudio de tiempos

a. Cronómetro de hora centesimal
b. Filmadora
c. Hoja de observación

3.1.2. Determinación del tiempo cronometrado (TC)

Es la suma de los tiempos promedios de cada elemento (tarea)

a. División de la operación en elementos (tareas)

En primer lugar la operación total cuyo tiempo estándar se quiere determinar, debe ser dividida en partes para que el método de trabajo pueda tener una medida precisa. Aquí algunas sugerencias:

a. Separar el trabajo en partes, donde el tiempo mínimo a ser medido en cada elemento sea superior a 5 segundos
b. El tiempo del operador y de la máquina deben ser medidos por separado.

b. Determinación del número de ciclos a ser cronometrados

Se emplea la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{Z * R}{E_r * d_2 * \bar{x}}\right)^2$$

Donde

N: Número de ciclos a ser cronometrados

Z: Coeficiente de distribución normal

R: Amplitud de la muestra

E_r: Error relativo aceptable

d_2: Coeficiente, en función del número de ciclos inicial

$\bar{x}$: Media de los valores de las observaciones

b.1. Tabla del coeficiente "Z"

Tabla 8. *Valores del coeficiente Z*

Probabilidad	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1.65	1.70	1.75	1.81	1.88	1.96	2.05	2.17	2.33	2.58

b.2. Tabla del coeficiente "d_2"

Tabla 9. *Valores del coeficiente d_2*

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\mathbf{d_2}$	1.128	1.693	2..059	2.326	2.594	2.704	2.847	2.970	3.078

3.1.2. Determinación del tiempo normal (TN)

El tiempo normal, es el tiempo que emplea un trabajador promedio en realizar una determinada tarea, sin considerar tolerancias.

La Velocidad del operador: Es el porcentaje de calificación que el analista da a ritmo al cual trabaja el operador.

El tiempo normal se calcula con la siguiente fórmula:

$$TN = TC * V$$

Donde

TN: Tiempo Normal

TC: Tiempo Cronometrado

V: Velocidad o ritmo del operador

3.1.3. Determinación del tiempo estándar (TE)

El tiempo estándar es igual al tiempo normal multiplicado por un factor de tolerancia.

El tiempo estándar se calcula con la siguiente fórmula:

$$TE = TN * FT$$

Donde

TE: Tiempo Estaándar

TN: Tiempo Normal

FT: Factor de Tolerancia

Factor de tolerancia: Es el porcentaje de tiempo que se considera para:

a. Atención de necesidades personales
b. Alivio de la fatiga y
c. El tiempo de espera (ajenos a su voluntad).

Cuando la empresa concede tiempos determinados para los tres motivos anteriores el factor de tolerancia se calcula con esta fórmula:

$$\mathrm{FT} = \frac{1}{1 - \mathrm{p}}$$

Donde

FT: Factor de tolerancia

p: Porcentaje de tiempo ocioso

3.2. Muestreo del trabajo

Es un método que permite estimar el porcentaje de tiempo que un trabajador o una máquina utiliza en cada actividad.

Este método no necesita de la observación continua, ni de la medición de tiempo de la actividad.

El muestreo del trabajo es muy utilizado para determinar el tiempo empleado en actividades no repetitivas, más difíciles de controlar y que generalmente abarca una gama de actividades más amplia.

Actualmente es más utilizado que el estudio de tiempos (Cronoanálisis), debido al crecimiento del número de organizaciones de servicios.

El muestreo del trabajo tienen las siguientes aplicaciones:

a) Determinación del factor de tolerancia (tiempo de espera)
b) Determinación del grado de utilización de las máquinas.
c) Determinación de la actividad de la mano de obra indirecta
d) Determinación del tiempo dedicado a varias actividades; ejercidas por ingenieros, personal de mantenimiento, analistas de producción, etc.

3.2.1. Metodología del muestreo del trabajo

a. Tamaño de muestra (N)

$$\mathrm{N} = \left(\frac{\mathrm{Z}}{\mathrm{E_r}}\right)^2 * \left(\frac{1 - \mathrm{p}}{\mathrm{p}}\right)$$

Donde

N: Número de observaciones necesarias

Z: Coeficiente de distribución normal

E_r: Error relativo aceptable

p: Proporción de la actividad estudiada

b. Ejemplo ilustrativo

Supongamos que se quiere determinar la proporción de tiempo que una secretaria dedica a cada una de sus actividades de rutina en su escritorio. Para esto, un analista de procesos hace el conteo de cada actividad que la secretaria está realizando. Es importante que las siguientes reglas sean observadas:

a) Las observaciones deben ser instantáneas
b) Las observaciones deben realizarse en intervalos de tiempo aleatorio
c) El número de observaciones debe ser suficiente para representar el universo.

El resultado de las observaciones se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. *Conteo de las actividades realizadas por la secretaria*

Actividad	Conteo	Porcentaje (%)
Digitando documentos	42	21.0
Verificando correos	30	15.0
Conversando	16	8.0
Archivando documentos	25	12.5
En el teléfono	17	8.5
Ausente	8	4.0
Tomando refrigerio	7	3.5
Atendiendo a la directiva	52	26.0
Otra	3	1.5
Total	200	100

En la columna porcentaje (%), tenemos el porcentaje de tiempo que la secretaria dedica a cada una de las actividades.

Ahora vamos a analizar si el tamaño de muestra, es suficiente para representar la verdad.

* Supongamos que se considera una confiablidad del 95% y un error relativo de 10% en la confirmación que la secretaria realmente dispensa 26% de su tiempo atendiendo a la directiva de la empresa. Calcule el número necesario de observaciones.

Solución

Datos

$N = ?$

$Z = 1.96$

$E_r = 0.10$

$p = 26\% = 0.26$

Reemplazando los datos en la fórmula del tamaño de muestra:

$$N = \left(\frac{Z}{E_r}\right)^2 * \left(\frac{1-p}{p}\right)$$

$$N = \left(\frac{1.96}{0.10}\right)^2 * \left(\frac{1-0.26}{0.26}\right)$$

$N = 1\,092$

Por lo tanto serían necesarias 1 092 observaciones para tener certeza estadística al afirmar que la secretaria realmente dispensa 26% de su tiempo a la atención de la directiva.

3.2.3. Muestreo del trabajo versus estudio de tiempos

En la Tabla 11, se detalla las ventajas y desventajas del muestreo del trabajo y el estudio de tiempos (Cronoanálisis).

Tabla 11. *Muestreo del trabajo versus estudio de tiempos*

Muestreo del trabajo	Estudio de tiempos
Menor costo de ejecución	Mayor costo de ejecución
El operador no percibe estar siendo observado	El operador percibe estar siendo observado
Excelente para operaciones no repetitivas	Excelente para operaciones repetitivas
Aplicado mayormente en empresa de servicios	Aplicado mayormente en empresa industriales
El estudio puede ser hecho para varias personas a la vez	El estudio no puede ser hecho para varias personas a la vez
No permite muchos detalles	Permite muchos detalles
No precisa ningún dispositivo para marcar el tiempo	Exige la utilización de cronómetros y cálculos más complejos

4. Análisis de casos

4.1. Explique la importancia del estudio de tiempos, movimientos y métodos en la gestión de la producción.

4.2. Cuándo usar una técnica de muestreo del trabajo y cuándo un estudio de tiempos (Cronoanálisis).

4.3. Explique brevemente

a) Factor de tolerancia
b) Tiempo estándar
c) Tiempo normal
d) Tolerancia para esperas

4.4. Un analista de procesos de una gran fábrica de equipos de refrigeración, midió los tiempos de la operación de montaje de determinada puerta de un modelo de refrigerador. Se realizaron 7 medidas iniciales, las cuales dieron los siguientes valores (en Segundos): 10.5 10.3 9.3 9.2 9.5 9.9 10.0. La empresa determinó como regla general que el grado de confianza para los tiempos cronometrados fuera de 95%, con un error relativo de 5%. Determinar el numero de ciclos (tamaño de muetra) a ser conometrados.

4.5. Una empresa del ramo metalúrgico quiere determinar el tiempo estándar necesario, con 90% de confianza y un error relativo de 5%, para la fabricación de determinado componente que será utilizado en la línea de montaje. El analista de procesos realizó un estudio de tiempos, preliminar de 9 observaciones de tiempo, obteniendo los datos de la Tabla 12. La Velocidad evaluada del operador es 94%, se pregunta:

a) ¿Es suficiente el número de muestras?
b) ¿Cuál es el tiempo cronometrado (TC) y el tiempo normal (TN)?
c) ¿Cuál es el tiempo estándar (TE), si la fábrica define un factor de tolerancia de 15%?
d) En caso que la empresa conceda 12 minutos para atención de necesidades personales, 15 minutos para esperas y 20 minutos para alivio de la fatiga, en un día de 8h de trabajo. ¿Cuál será el nuevo tiempo estándar?

Tabla 12. *Tiempo cronometrado para cada actividad*

Hoja de observación	Tiempo cronometrado (horas)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\bar{x}$	N
Cortar chapa	0.07	0.08	0.09	0.09	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07		
Doblar chapa	0.07	0.06	0.07	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06		
Taladrar	0.15	0.14	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.15	0.14		
Acabado	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05		

4.6. Un analista de procesos de una industria textil realizó durante 12 días un estudio de muestreo del trabajo, que consistió de 100 observaciones diarias. El objetivo era determinar el factor de tolerancia de espera para un determinado puesto de trabajo, verificándose cuántas veces el operador era encontrado parado por falta de material. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 13. *Datos para el muestreo del trabajo*

Día	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trabajador parado	7	12	6	9	8	5	15	21	10	12	8	5

Los analistas de costos de la empresa exigen un grado de confiabilidad de 95% y un error relativo de 8%. Determinar:

a) Cuál debería ser el tamaño de muestra para la confianza y el error mencionado.
b) Si fuera considerado el número de observaciones realizado, o sea 1 200, qué error relativo se estaría asumiendo.
c) Cuál fue la proporción de tiempo que se tendría para el trabajador parado, que dio origen a las 1 200 observaciones iniciales.

Clase 5. Productividad y capacidad de producción

1. Introducción

La medición de la productividad es fundamental para la comprensión del desempeño relacionado con las operaciones de una empresa.
La capacidad de producción es un tema muy importante para todos los niveles de la organización: Estratégico, táctico y operacional.

2. Conceptos básicos

2.1. Producción: Cantidad de bienes o servicios que produce una empresa.

2.2. Productividad: Indicador de qué tan bien se utilizan los recursos.

2.3. Efectividad: Hacer las cosas correctas, que lleven a crear el mayor valor posible para la empresa.

2.4. Eficiencia: Hacer algo al costo más bajo posible.

3. Desarrollo del tema

3.1. Medición de la productividad

La productividad es una medida de qué tan bien se están utilizando los recursos (factores de producción) de un país, una industria o una unidad de negocios.

En su sentido más amplio la productividad se define como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

La productividad es una medida relativa, o sea que necesita compararse para que tenga significado.

Esta comparación puede hacerse:

a. Con años anteriores en la misma empresa
b. Con empresas de la misma línea de producción

3.1.1. Tipos de productividad

a. Productividad parcial: Es la relación de las salidas entre uno de los factores de producción (mano de obra, materia prima, energía, etc)
b. Productividad de factores múltiples: Es la relación de las salidas entre la suma de dos o más factores de producción.
c. Productividad total: Es la relación de las salidas entre la suma de todos los factores de producción.

3.1.2. Ejemplo práctico

Calcular la productividad de la mano de obra para los años 2012 y 2013, según los datos de la Tabla 14.

Tabla 14. *Datos para el cálculo de la productividad*

	Años	
Descripción	2012	2103
Unidades producidas	100	120
Mano de obra (H-H)	10	15
Productividad		

3.2. Capacidad de producción

La capacidad de producción es la cantidad máxima de bienes o servicios que puede producir una empresa, operación u operario en un periodo determinado de tiempo.

3.2.1. Tipos de capacidad

a. Capacidad instalada: Volumen máximo que una unidad productiva puede alcanzar, trabajando todo el tiempo y sin pérdidas.
b. Capacidad de disponible, de diseño o de proyecto: Es el volumen producido por jornada de trabajo, sin considerar pérdidas.
c. Capacidad efectiva: Es la capacidad disponible menos pérdidas planificadas.
d. Capacidad realizada: Es la capacidad efectiva menos las pérdidas no planificadas.

Para relacionar los tipos de capacidades se definen algunos índices:

$$\text{Grado de disponibilidad} = \frac{\text{Capacidad disponible}}{\text{Capacidad instalada}}$$

$$\text{Grado de utilización} = \frac{\text{Capacidad efectiva}}{\text{Capacidad disponible}}$$

$$\text{Índice de eficiencia} = \frac{\text{Capacidad realizada}}{\text{Capacidad efectiva}}$$

3.2.2. Horizontes de tiempo para planeación de la capacidad

a. Largo Plazo: Mayor a un año, se encarga de adquirir o disponer de edificios, equipos e instalaciones, y es tarea de la alta dirección.
b. Mediano Plazo: Se encarga de planificar entre 6 meses y un año. Se encarga de la adquisición de nuevas herramientas, compras menores de equipos y subcontrataciones.

c. Corto Plazo: Es la planificación del día a día. Se encarga de planificar el tiempo extra, transferencia de personal.

3.2.2. Economías y des-economías de escala

a. Economías de escala

En cualquier unidad productiva a medida que se aumenta el volumen de producción los costos unitarios de los productos van disminuyendo. Esto sucede hasta el momento en que la cantidad a ser producida excede a la capacidad instalada de la unidad productiva. Este comportamiento se da desde A hasta B (en la Figura 6)

b. Des-economía de escala

Si se aumenta el nivel de producción desde el punto B hasta C, el costo unitario también aumenta, como se ve en la Figura 6.

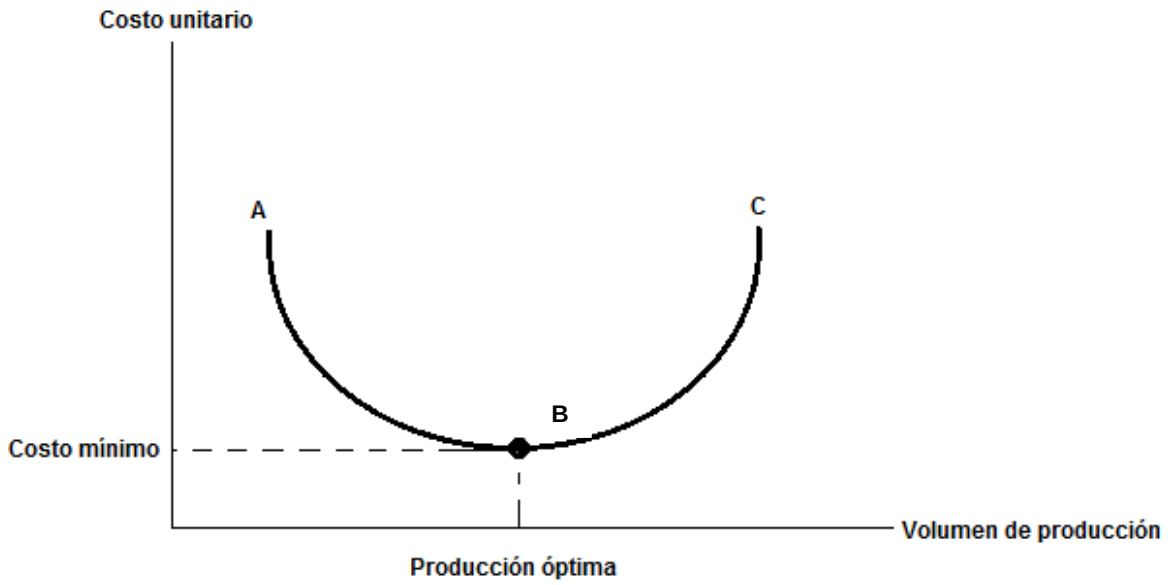


Figura 6. Economías y des-economías de escala

3.2.3. Flexibilidad de la capacidad

a. Plantas flexibles (Modificables en tiempo cero): Utilizan equipamiento móvil, paredes falsas e infraestructuras reutilizables y fácilmente accesibles.
b. Procesos flexibles: Sistemas de producción flexible y equipamiento simple.
c. Trabajadores flexibles: Aquellos que tienen múltiples habilidades y capacidades para cambiar de una tarea a otra.

3.2.4. Cuello de botella

Dada una instalación con múltiples operaciones, se llama Cuello de botella a la operación que tiene la capacidad efectiva más baja entre todas las de la instalación.

La instalación sólo puede producir a una velocidad igual a la más lenta de sus operaciones.

Considere el proceso de fabricación de pan con tres operaciones (Amasado, Fermentado y Horneado), en la Figura 7 se observa que:

a. El cuello de botella es la operación de fermentado (es la menor de todas)
b. El proceso tendrá una capacidad de 20Kg/h.

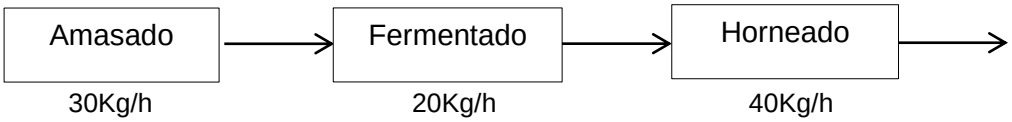


Figura 7. Representación de la operación cuello de botella

3.2.5. Colchón de capacidad

Es la cantidad de capacidad que una empresa mantiene como reserva para afrontar los incrementos repentinos de la demanda o las pérdidas temporales de su capacidad de producción. El colchón de capacidad se obtiene mediante la fórmula:

$$\%\ \text{Colchón de capacidad} = 100\% - \text{Grado de utilización}$$

El colchón de capacidad se hace necesario cuando:

a. Demanda es variable
b. Demanda futura es incierta
c. Mezcla de productos es cambiante
d. Hay ausentismo, vacaciones, feriados, etc.

3.2.6. Análisis del punto de equilibrio

Es una técnica que permite conocer el volumen de producción necesario para un margen de ganancia determinado. El punto de equilibrio sucede cuando el ingreso total es igual al costo total. Como se puede observar en la Figura 8:

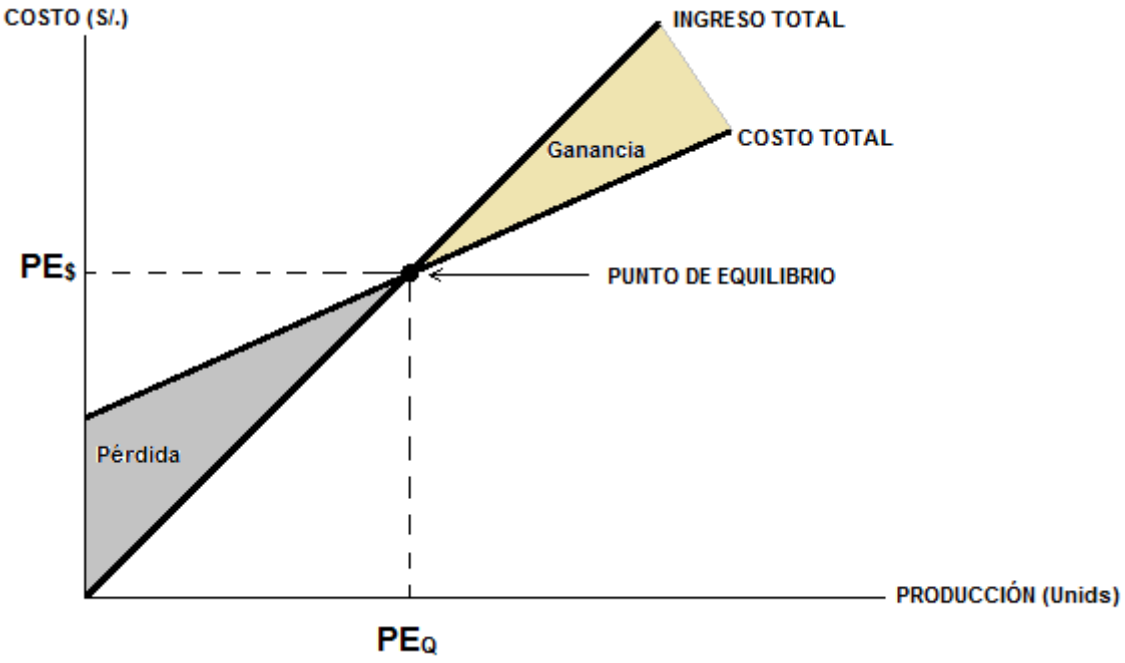


Figura 8. Punto de equilibrio

3.2.7. Fórmulas para calcular el punto de equilibrio

a. Punto de equilibrio en unidades

$$\mathrm{PE_Q} = \frac{\mathrm{CF}}{\mathrm{PV_u} - \mathrm{CV_u}}$$

b. Punto de equilibrio en unidades monetarias ($)

$$\mathrm{PE_\$} = \frac{\mathrm{CF}}{1 - \frac{\mathrm{CV_u}}{\mathrm{PV_u}}}$$

Donde

$\mathrm{PE_Q}$: Punto de equilibrio en unidades

$\mathrm{PE_\$}$: Punto de equilibrio en unidades monetarias

CF: Costos fijos

$\mathrm{CV_u}$: Costo variable unitario

$\mathrm{PV_u}$: Precio de venta unitario

4. Análisis de casos

4.1. Una compañía de fabricación de relojes produce 10 000 relojes, empleando 50 personas que trabajan 8h/día, durante 25 días. Calcular la productividad de la mano de obra.

4.2. Supóngase que la compañía del ejercicio anterior aumenta su producción a 12 000 relojes, contratando 10 trabajadores más. Calcule la nueva productividad y analice la variación.

4.3. La producción de una máquina fue de 120 piezas/h, mientras que la tasa estándar es de 180 piezas/h. Calcular la eficiencia de la máquina.

4.4. Determine la productividad total con los siguientes datos:

Unidades producidas : 10 000

Precio de venta unitario : $ 10

Horas-Hombre (H-H) : 500

Costo de 1H-H : $ 9

Costo de materia prima : $ 30 000

Gastos generales : $ 15 500

4.5. Una fábrica de teñido de telas tiene un equipo con capacidad para pintar 300Kg de tela por hora. La fábrica trabaja en dos turnos de 8 horas, cinco días a la semana. Durante la última semana, el registro de producción de tiempos perdidos fue:

Tabla 15. *Registro de producción de tiempos perdidos*

N°	Ocurrencia	Tiempo perdido(horas)
1	Cambio de color (Set-up)	4.5
2	Muestreo de la calidad	3
3	Falta de personal	4
4	Cambio de turnos	50min
5	Falta de tela	2
6	Mantenimiento preventivo regular	4
7	Ningún trabajo programado	2
8	Investigación en problemas de calidad	40min
9	Accidente de trabajo	25min
10	Falta de energía eléctrica	2.15

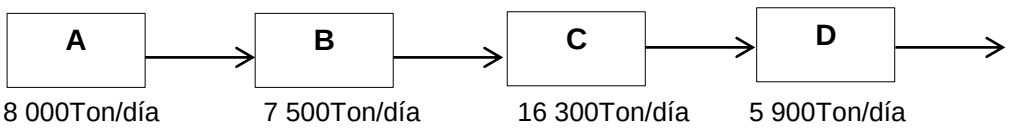
Calcular la capacidad instalada, la capacidad disponible, la capacidad efectiva, la capacidad realizada, el grado de disponibilidad, el grado de utilización y el índice de eficiencia de la fábrica de telas en dicha semana.

4.6. Una panadería dedicada exclusivamente a elaborar bizcochos (unidades) trabaja 3 turnos/día de 8h cada uno. Si la producción realizada de la última semana fue de 148 000 unidades, la capacidad efectiva de 175 000 unidades y la capacidad de disponible de 1 200 unidades/h.

a. Calcular la capacidad de diseño semanal
b. El porcentaje de utilización de la panadería
c. El porcentaje de eficiencia de la panadería

4.7. Calcular el punto de equilibrio en unidades y en dólares. Si se sabe que los costos fijos ascienden a $ 10 000; el costo de materia prima es de $ 7.5/unidad; el costo de la mano de obra de $ 1.50/unidad y el precio de venta de $ 4.00/unidad.

4.8. Una siderurgia posee cuatro puestos de trabajo para el tratamiento superficial de chapas de acero, presentando las capacidades de la figura. Sabiendo que se trabaja con un índice de ociosidad de 15% y una eficiencia de 87%. Calcular la capacidad realizada de la siderurgia.



Clase 6. Pronóstico de la demanda

1. Introducción

Un pronóstico es el proceso de predecir un evento futuro basado en datos históricos. Y son la base para la toma de decisiones en los negocios: Producción, inventario, personal, instalaciones. A continuación algunas definiciones de autores reconocidos.

Un pronóstico es un cálculo de una actividad futura (Allemant, s.f.).

Es una afirmación acerca del valor futuro de una variable de interés. (Steven)

2. Conceptos básicos

2.1. Error: Es la diferencia entre el valor real y el valor pronosticado en un periodo determinado.

2.2. Modelo asociativo: Técnica de pronóstico que utiliza variables explicativas para predecir la demanda futura.

2.3. Tendencia: Movimiento ascendente o descendente de los datos tomando en cuenta un tiempo muy grande.

2.4. Series de tiempo: Secuencia ordenada de observaciones de tiempo tomadas en intervalos regulares.

3. Metodología de pronósticos

3.1. Métodos cualitativos

a. Opinión de ejecutivos
b. Opinión del personal de ventas
c. Investigación de mercados
d. Método DELPHI

3.2. Métodos basados en series de tiempo

3.2.1. Promedio aritmético simple

Es el promedio aritmético de las demandas históricas, su fórmula es:

$$DP = \frac{D_1 + D_2 + \cdots + D_n}{n}$$

Donde

DP: Demanda pronosticada

$D_1, D_2, .., D_n$: Demandas históricas

n: Cantidad de periodos históricos

3.2.2. Promedio móvil

Es el promedio aritmético de las k demandas históricas más recientes, su fórmula es:

$$DP_t = \frac{D_1 + D_2 + \cdots + D_k}{k}$$

Donde

DP_t: Demanda pronosticada para el periodo t

$D_1, D_2, .., D_k$: Demandas históricas más recientes

k: Orden del promedio móvil

3.2.3.- Promedio ponderado móvil

$$DP_t = w_1 * D_1 + w_2 * D_2 + ... + w_n * D_n$$

Donde

DP_t: Demanda pronosticada para el periodo t

$w_1, w_2, .., w_k$: Ponderación de cada demanda histórica

$D_1, D_2, .., D_k$: Demandas históricas más recientes

k: Orden del promedio móvil

Nota: Las demandas más recientes tendrán una ponderación más alta. Y la suma de todas las ponderaciones es de 100%.

3.2.4. Suavizamiento exponencial

La fórmula a utilizar es:

$$DP_t = DP_{t-1} + \alpha(D_{t-1} - DP_{t-1})$$

Donde

DP_t: Demanda pronosticada para el periodo t

DP_{t-1}: Demanda pronosticada para el periodo previo$(t-1)$

D_{t-1}: Demanda real para el periodo previo$(t-1)$

α: Constante de suavizamiento

Nota: El valor de α oscila entre 0.05 y 0.5. Un valor grande de α implica que las observaciones recientes llevan ponderaciones mayores.

3.3. Métodos por tendencia

3.3.1. Ecuación de tendencia lineal

Este modelo se basa en la regresión lineal, donde la variable independiente es el tiempo. La ecuación de tendencia es la siguiente:

$$F_t = a + bt$$

Donde

F_t: Pronóstico para el periodo t

t: Periodo especificado $(0, 1, 2, \dots, n)$

b: Pendiente de la recta

a: Intercepto de la recta con el eje y (F_t)

Los coeficientes a y b de la línea se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$b = \frac{n\sum ty - (\sum t)(\sum y)}{n\sum t^2 - (\sum t)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b\sum t}{n}$$

3.4. Métodos causales

3.4.1. Regresión lineal simple

Este método establece la relación entre dos variables. También recibe el nombre de mínimos cuadrados. La ecuación de la línea recta es:

$$Y = a + bx$$

Donde

Y: Variable pronosticada (dependiente)

x: Variable predictora (independiente)

b: Pendiente de la recta

a: Intercepto de la recta con el eje y

Los coeficientes a y b de la línea se obtienen con las siguientes ecuaciones:

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n}$$

a. Coeficiente de correlación

Se denota con la letra "r", e indica el grado de la relación entre las dos variables. El valor de "r" varía entre -1 y +1.

b. Coeficiente de determinación

Se denota con la letra "r^2", y se interpreta como el porcentaje de actuación que representa la variable independiente, al pronosticar la variable dependiente.

4. Análisis de casos

4.1. Se tiene la demanda histórica de cierto artículo, de los seis primeros meses. Estime la demanda para el mes de julio utilizando la técnica del promedio aritmético simple.

Tabla 16. *Demanda histórica de cierto artículo*

Mes	E	F	M	A	M	J
Demanda (unidades)	100	95	105	110	96	104

4.2. Calcular el pronóstico de la demanda (ventas) de motocicletas, para el mes de julio, utilizando el método de promedio móvil de orden 3 y de orden 4. La Tabla 17 muestra los datos históricos para los meses previos. Si la demanda real para el mes de junio fuera de 38, calcule el pronóstico de orden 3 para el mes de julio.

Tabla 17. *Datos históricos de venta de motocicletas*

Mes	E	F	M	A	M
Demanda (unidades)	42	40	43	40	41

4.3. Utilizando los datos de la tabla del ejercicio anterior:

a. Calcule el pronóstico mediante la técnica de promedio ponderado móvil, dando las ponderaciones de: 0.40, 0.30, 0.20 y 0.10, para los últimos 4 meses.
b. Si la demanda real para el mes de junio es de 39, pronostique la demanda para el mes de julio, utilizando las ponderaciones de a).

4.4. El departamento de ventas tiene la demanda histórica de cierto artículo, tal como se muestra en la Tabla 18: Calcular el pronóstico mediante el método de Suavizamiento exponencial para el periodo 12, utilizando:

a) $\alpha = 0.10$

b) $\alpha = 0.40$

Tabla 18. *Demanda histórica de cierto artículo*

Periodo (t)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Demanda real	42	40	43	40	41	39	46	44	45	38	40

4.5. La venta de celulares para una empresa durante las 10 últimas semanas se muestran en la Tabla 19. Elabore el gráfico de dispersión y verifique visualmente si sería apropiada una tendencia lineal. Luego determine la ecuación de la línea de tendencia y pronostique las ventas para las semanas 11 y 12.

Tabla 19. *Venta de celulares durante las 10 últimas semanas*

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (unidades)	700	724	720	728	740	742	758	750	770	775

4.6. Hamburguesas Saludables, tiene una cadena de 12 establecimientos de comida rápida en el norte de Illinois. Las ventas y las ganancias para los establecimientos están dadas en la Tabla 20. Obtenga una línea de regresión para los datos y pronostique las ganancias para un establecimiento cuyas ventas sea de 10 millones de dólares. Calcular e interpretar los coeficientes de correlación y determinación.

Tabla 20. *Ventas ganancias para cada establecimiento*

Ventas(10^6 \$)	7	2	6	4	14	15	16	12	14	20	15	7
Ganan.(10^b \$)	0.15	0.10	0.13	0.15	0.25	0.27	0.24	0.20	0.27	0.44	0.34	0.17

Referencias

Alves, D. (2009). *Gestão da produção*. Universidade Federal de Itajubá. Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.empresarialestarapoto.jimdofree.com

Escobar, I. (2011). *Administración de operaciones I*. Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.empresarialestarapoto.jimdofree.com

Kumar, S. & Suresh, N. (2009). *Operations management.* Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.newagepublishers.com

Naresh, R. (2005). *A modern approach to operations management.* Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.newagepublishers.com

Pascualini, F., Oliveira, A. & Siedenberg, D. (2010). *Gestão da produção*. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.empresarialestarapoto.jimdofree.com

Peinado, J. & Reis, A. (2007). Administração da Produção. Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.unicenp.edu.br

Pulla, E. (2012). *Administración de la producción de bienes y servicios*. Universidad Nacional de Loja. Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.empresarialestarapoto.jimdofree.com

Vilcarromero, R. (2013). *Administración en la producción.* Recuperado el 05 de julio de 2018 de www.empresarialestarapoto.jimdofree.com